Über künstlich erzeugten

Nystagmus horizontalis und rotatorius

bei

Normalen und Taubstummen.

Inaugural-Dissertation

von

Dr. med. Friedrich Doehne.

WÜRZBURG.
Paul Scheiner's Buchdruckerei (Dominikanergasse 6.)
1895.

Über künstlich erzeugten

Nystagmus horizontalis und rotatorius

bei

Normalen und Taubstummen.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen medizinischen Fakultät

der

Königl. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshülfe

vorgelegt von

Friedrich Doehne

aus Zierenberg.

WÜRZBURG.

Paul Scheiner's Buchdruckerei (Dominikanergasse 6.)

1895.

Referent: Herr Professor Dr. v. Michel.

Meinen

LIEBEN ELTERN

in Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/uberkunstlicherz0000drme

Seitdem *Flourens* die merkwürdigen Erscheinungen entdeckte, welche der Verletzung und Zerstörung der häutigen Bogengänge des Ohrlabyrinthes folgen, ist die Frage nach der Function dieses Apparates der Gegenstand einer lebhaften Discussion gewesen und selbst jetzt, nach einem Zeitraume von über 70 Jahren, noch zu keinem befriedigenden Abschlusse gediehen. Grosse Meinungsverschiedenheiten bestehen zunächst einmal hinsichtlich der Auffassung jener Erscheinungen. Ein grosser Teil der Autoren stellt sogar einen unmittelbaren Zusammenhang derselben mit der Verletzung der Bogengänge in Abrede. Weiterhin sind aber auch seitens der Forscher, welche für die gegenteilige Behauptung eintreten, die theoretischen Anschauungen über den functionellen Character der halbzirkelförmigen Canäle so wenig übereinstimmend, dass fast jeder von ihnen eine eigene Meinung vertritt. Wenn nun auch nachfolgende Arbeit nichts absolut Neues bringt auf experimentellem Wege, so möchte sie doch immerhin durch Weiterführung bedeutungsvoller Versuche und Erweiterung des Materials zur weiteren Klärung der Frage beitragen.

Der Anlass zu dieser Arbeit wurde durch einen Vortrag *Rich. Geigel*'s[1]) in der Würzburger physikalisch-medizinischen Gesellschaft gegeben. Derselbe demonstrirte 2 von der *Friedreich*'schen hereditären Ataxie

befallene Patienten und hob als bemerkenswertes Symptom hervor, dass sie nach 3—4 maligem Umdrehen um ihre verticale Axe horizontalen Nystagmus der Augen zeigten, während ein solcher in der Ruhe fehlte; eine Erscheinung, welche 1½ Jahre zuvor von *Mendel* in Berlin gleichfalls an 3 derartigen Kranken beobachtet worden wäre. *Geigel* beschreibt den Vorgang folgendermassen: „Werden sie (die Patienten) rechts umgedreht, so weichen die Augäpfel in conjugirter Deviation nach rechts ab und die kurzen zuckenden Bewegungen erfolgen nach links, umgekehrt bei Linksumwendung. Das ganze Phänomen dauert etwa ¼ Minute; dabei haben die Patienten das Gefühl, als wenn die Gegenstände im Raume sich hin und her bewegen würden. Senkung der Blickebene gegen den Boden verhindert das Zustandekommen des Nystagmus, nicht aber Verbinden der Augen während des Drehens. Es ist also nicht Scheinbewegung der Aussenwelt, was reflectorisch den Nystagmus horizontalis in diesen Fällen hervorruft. Gesunde zeigen das Phänomen nicht.“

L. Bach, dem die Versuche von *Breuer* und *Kreidl* aus Referaten bekannt waren, stellte dem gegenüber an einer grösseren Anzahl von Patienten und Collegen, welche keinerlei Symptome für eine Rückenmarkserkrankung, speciell für *Friedreich's* hereditäre Ataxie aufwiesen, ähnliche Versuche an und constatirte, dass durch Drehung um die verticale Axe sich bei fast allen wohl characterisirte nystagmusartige Bewegungen der Augen mit hie und da gleichzeitig auftretender conjugirter Deviation erzeugen liessen. Bezüglich der Erklärung dieser Erscheinung sprach sich *Bach* in einer kurzen Mitteilung dahin aus[2]): „Unwillkürlich haben wir das Bestreben jeder Körper- oder Kopfbewegung

gewissermassen controllirend mit einer entsprechenden Augenbewegung vorauszueilen, sicherlich eine der Körperbewegung gleichgerichtete Mitbewegung der Augen erfolgen zu lassen. Es gelangt also ein Impuls vom Centralorgan, d. h. den Centren für associirte Bewegungen zu den der betreffenden Körper- oder Kopfbewegung dienenden Augenmuskeln. Wiederholt sich nun dieser Impuls rasch hinter einander, so wird dadurch eine Cumulativwirkung erzeugt, welche sich dahin äussern wird, dass eine energischere, länger vorhaltende Innervation der betreffenden Muskeln Platz greift, während welcher die Augen entsprechend abweichen oder wenigstens abzuweichen suchen. Dahingegen werden die Antagonisten in einen Erschlaffungszustand übergehen. Hört nun dieser Innervationsimpuls auf, wie dies der Fall ist, wenn wir nach der Umdrehung das Individuum auffordern, bei median gestelltem Kopfe geradeaus zu blicken, so wird sich natürlich der frühere Gleichgewichtszustand der Muskeln wieder herstellen und zwar geschieht dies durch ruckweis erfolgende Contractionen der Antagonisten, die natürlich in der der conjugirten Deviation entgegengesetzten Richtung erfolgen."

Nach dieser ersten vorläufigen Mitteilung setzte *Bach* seine Versuche fort. Auf Grund derselben kam er aber von seiner Hypothese zurück und nahm Stellung zu der Frage nach der Function der häutigen Bogengänge des Ohrlabyrinths. Ich habe nun die Versuche teils mit *Bach* gemeinschaftlich vorgenommen, teils später allein. *Bach* hatte die Liebenswürdigkeit, mir die ausführlichere Mitteilung über dieselben und ihre Bedeutung hinsichtlich jener Frage zu überlassen, wärend er selbst sich auf eine kurz gefasste Uebersicht der Ergebnisse beschränkte. [3])

Was nun zuerst die Versuche selbst angeht, so bestand ihre Anordnung darin, dass die zu untersuchenden Individuen aufgefordert wurden, sich bei gerader Körper- und Kopfhaltung mehrmals, gewöhnlich 6—8mal, um sich selbst zu drehen und nach erfolgtem Stillstande ruhig in die Ferne zu blicken ohne Fixation eines bestimmten Gegenstandes.

In dieser Weise gelangten in der ersten Versuchsreihe 60 Individuen, welche in Bezug auf Sehschärfe, Alter, körperliche und geistige Entwickelung die grösste Verschiedenheit aufwiesen, zur Untersuchung. Bezüglich des Gehöres verhielten sie sich, wie ich aus später zu erörternden Gründen schon hier bemerken will, normal. Bei 57 von diesen 60 liess sich ein ausgesprochener Nystagmus hervorrufen. Und zwar standen in besonders ausgesprochenen Fällen, wenn die Umdrehung nach rechts erfolgt war, die Bulbi in conjugirter Deviation nach rechts, die Zuckungen erfolgten nach links. Für die Umdrehung nach links gilt mutatis mutandis natürlich dasselbe. Ein Vergleich der beiden Phasen einer Zuckung liess leicht einen Unterschied erkennen. Während die erste, in welcher die Bulbi in ihrer Primärstellung zurückzukehren suchten, rasch und blitzartig war, war die zweite, in welcher die Bulbi wieder seitwärts abwichen, langsam. Das Schliessen der Augen während der Umdrehung blieb ohne Einfluss.

Der Grad des Nystagmus horizontalis, d. h. die Zahl und Ausdehnung der nystagmischen Schwingungen, schwankte in weiten Grenzen. Während er bei einem Teile der Untersuchten eben angedeutet war, d. h. nur aus einzelnen und wenig ausgiebigen Zuckungen bestand, trat er bei andern in stärkstem Maasse in die Erscheinung. Uebergänge waren natürlich vorhanden.

Man wird den Grund dieser Differenzen in erster Linie vielleicht in der wechselnden Intensität der Umdrehung, die ja natürlich von dem Willen und Character der Versuchsobjecte abhängt, suchen. Und bis zu einer gewissen Grenze mag dies auch zutreffen. Aber es zeigte sich, dass die wesentliche Ursache in der Individualität des einzelnen lag. Schwächliche, leicht erregbare, nervöse, ängstliche Individuen zeigten schon nach wenigen Umdrehungen hochgradigen Nystagmus. Bei stupiden, teilnahmlosen, phlegmatischen, aber auch kräftigen und willensstarken Personen dagegen gelang es oft erst nach einigen, rasch hinter einander wiederholten Versuchen, einen Nystagmus hervorzurufen, der trotz der grösseren Intensität der Drehung an Dauer und Ausgiebigkeit der Oscillationen hinter dem jener zurückstand. Zu bemerken ist ferner, dass auch normale Individuen der gebildeten Stände im Grossen und Ganzen entschieden leichter diesen Nystagmus zu Tage treten liessen als ungebildete unter gleichen Verhältnissen.

Endlich halte ich es nicht für unwichtig zu erwähnen, dass die überwiegende Mehrzahl der Untersuchten angab, durch die Umdrehung nicht schwindelig geworden zu sein. Diejenigen jedoch, die von Schwindel befallen wurden, liessen am auffallendsten die Augenschwingungen beobachten.

Bei einem Individuum, welches für gewöhnlich schon Nystagmus horizontalis zeigte, liess sich derselbe durch unsere Versuchsanordnung in bedeutendem Grade steigern.

Bei 3 Personen blieb das erwartete Resultat trotz wiederholter Versuche überhaupt aus. Es war jedoch eine bemerkenswerte Unruhe der Bulbi zu constatiren, die sich allerdings nicht zu wohlcharacterisirten Zuckungen gestaltete.

In der zweiten Versuchsreihe wurde eine Abänderung des Versuchs getroffen, dahingehend, dass bei sonst unveränderter Körperhaltung eine Neigung des Kopfes nach vorn angeordnet wurde. Beim Stillstehen nach erfolgter Drehung wurde der Kopf wieder in aufrechte Stellung gebracht und der Blick geradeaus in die Ferne gerichtet, ebenso wie in der ersten Versuchsreihe. Es zeigte sich nun, dass die Zuckungen der Bulbi nicht mehr in horizontaler Ebene erfolgten, sondern in frontaler; an die Stelle des Nystagmus horizontalis war ein Nystagmus rotatorius getreten.

Ich muss gestehen, dass die Ergebnisse dieser Versuchsreihe nicht so rein waren wie die der ersten. Bedingt war dieser Gegensatz durch die ursprünglich beabsichtigte Verificirung der *Bach*'schen Hypothese. Um nämlich auch die andern Gruppen der Augenmuskeln in Thätigkeit zu setzen, wurde anfangs nicht eine Neigung des Kopfes, sondern eine Neigung des Blickes gegen den Boden ohne gleichzeitige Kopfneigung während der Umdrehungen vorgenommen. Dabei traten nun entweder gar keine Raddrehungen der Bulbi ein, oder sie waren mit horizontalen Schwingungen vermischt. Gewönlich traten sie in letzterem Falle erst dann deutlich in die Erscheinung, wenn die Heftigkeit der Zukungen nachgelassen hatte. Öfters waren sie jedoch auch in ausgesprochener Reinheit zu beobachten. Als ich später den Theorien über die Function der halbzirkelförmigen Canäle nähertrat, erzielte ich in allen Fällen, wo Nystagmus horizontalis bei verticaler Kopfhaltung eintrat, bei Kopfneigung auch Nystagmus rotatorius, während Blicksenkung allein die oben beschriebenen unsicheren Resultate bot. Ich glaube deshalb mit Bestimmtheit annehmen zu können, dass der Nystagmus

rototatorius, wenn er bei Blicksenkung allein eintrat, auf eine gleichzeitig unwillkürlich mit erfolgende Kopfsenkung zurückzuführen ist. Denn wie man jederzeit beobachten kann, pflegen die meisten Menschen der Senkung des Blickes mit dem ganzen Kopfe zu folgen. Und so dürfte denn der Nystagmus rotatorius auch hier als Regel aufzufassen sein.

Verschiedenheiten in Dauer und Ausgiebigkeit der Raddrehungen traten unter gleichen Verhältnissen in gleicher Weise ein wie bei dem horizontalen Nystagmus.

Wie erwähnt, fand ich unter diesen 60 Individuen 3 ohne Nystagmus. *Bach* hatte schon früher 60 untersucht und darunter 7 ohne das erwartete Resultat gefunden, *Kreidl*[4]) unter 50 nur 1. Dass diese Zahlen keinen Widerspruch enthalten, wird sich später ergeben. Vergleichen wir sie zunächst mit denen, welche die an Taubstummen angestellten Versuche ergaben.

In der dritten Versuchsreihe wurden in der angegebenen Weise 86 Taubstumme, (60 Knaben, 26 Mädchen) untersucht. Von diesen reagirten nur 45 nach öfteren Umdrehungen mit nystagmischen Bulbusschwingungen, 41 dagegen gar nicht. Also annähernd 50% zeigten keinen Nystagmus. Dort ergab sich im ungünstigsten Falle nur ein Procentsatz von 10, ein Unterschied, der im höchsten Grade unser Interesse erregen muss. Noch auffallender war derselbe wenn man das Verhalten der Augen von normalen Individuen, bei welchen sich kein Nystagmus erzeugen liess, nach erfolgter Drehung verglich mit dem von nystagmusfreien Taubstummen. Während dort immerhin eine gewisse Unruhe des Blickes zu constatiren war, war es hier geradezu fappirend zu sehen, wie absolut ruhig und starr die Bulbi sich verhielten. Dass hier andere

Einflüsse in Betracht zu ziehen sind als Character, körperliche und geistige Entwickelung, ist nicht schwer einzusehen. Denn von diesbezüglichen Abnormitäten in höherem Grade kann schwerlich bei Taubstummen die Rede sein. Vielmehr weist wohl alles auf pathologische Veränderungen des Gehörorganes hin.

Und in der That liegen für einen derartigen Zusammenhang, speciell für einen Zusammenbang des Nystagmus mit den häutigen Bogengängen des Ohrlabyrinthes die zahlreichsten Beobachtungen vor. Es dürfte daher zweckentsprechend sein, das Wichtigste über die Entstehung und Entwickelung der Frage nach der Function jenes Organs wiederzugeben.

Flourens[5]) durchschnitt bei Tauben und Kaninchen die häutigen Bogengänge des Ohrlabyrinths und fand, dass dieser Eingriff keine Abnahme des Gehörs zur Folge hatte, dass hingegen merkwürdige Bewegungsstörungen der Tiere eintraten, derart, dass bei isolirten Durchschneidungen der Canäle der Zerstörung jedes derselben ganz bestimmte Erscheinungen entsprechen. Das Grundergebnis dieser Versuche, die seitdem an Wirbeltieren aller Klassen mit den mannigfaltigsten Modificationen wiederholt wurden, ist im Wesentlichen folgendes:

Nach Durchschneidung eines horizontalen Canals entsteht Neigung sich um die Körperaxe nach der verletzten Seite zu drehen, bedeutende Unsicherheit des Ganges und Unregelmässigkeit oder vollständige Unmöglichkeit des Fluges (bei Tauben).

Nach Durchschneidung des hinteren oder unteren verticalen Ganges offenbart das Tier Neigung nach hinten zu fallen und umzuschlagen, und nach Durchschneidung des oberen oder vorderen verticalen Ganges

schlägt es nach vorn um. Die Störungen des Gehens und Fliegens sind auch bei beiden letzteren Operationen stark ausgedrückt.

Nach umfassender Zerstörung aller drei Canäle endlich auf einer Seite treten Rollbewegungen nach der verletzten Seite hin auf in Begleitung einer besonderen Augenablenkung, des einen nach unten und innen, des andern nach oben und aussen; letztere ist besonders stark bei Säugetieren ausgedrückt.

Bei beiderseitigen Läsionen treten alle soeben bezeichneten Bewegungsstörungen im Allgemeinen stärker als bei einseitigen auf, wenn von der Operation paarige Canäle betroffen werden.

Nach Zerstörung aller sechs Canäle endlich treten vollständige Regellosigkeit der Bewegungen und deutliche Erscheinungen einer allgemeinen Gleichgewichtsstörung auf.

Alle Zwangsbewegungen überhaupt sind bei operirten Tieren am stärksten in der ersten Zeit nach der Operation und treten gewöhnlich anfallsweise auf.

Die Dauer dieser Erscheinungen hängt in bedeutendem Maasse von dem Umfange der Läsion ab. Bei Durchschneidung eines Canals an einer Seite sind die Erscheinungen von kurzer Dauer und verschwinden nicht selten schon nach Verlauf von 2—3 Tagen nach der Operation, während sie bei bedeutenderen und beiderseitigen Läsionen längere Zeit anhalten, obgleich sie auch dann schwächer werden und die Tiere sich zuletzt beinahe vollständig erholen. *)

Während und nach der Durchschneidung eines Canals erfolgen besondere nystagmische Schwingungen der Bulbi in der Ebene des verletzten Ganges. Bei

*) Dagegen bleibt die Verheilung der Wunden ohne Einfluss.

Vögeln sind diese Augenbewegungen weniger ausgiebig und werden wesentlich durch nystactische Schwingungen des Kopfes ersetzt.

Diese Erscheinungen mussten geradezu rätselhaft erscheinen. Denn in den Bogengängen endet ein Teil der Acusticusfasern, und die specifische Energie dieses Nerven war nach der allgemeinen Meinung allein die der Perception von Schallempfindungen, mit welchen die Bewegungsstörungen doch nicht gut zu vereinbaren waren. Und so beschäftigten sich denn zunächst die folgenden Arbeiten mit der Frage nach der anatomischen Zusammensetzung dieses Nerven.

Flourens gelangte zur Überzeugung, dass im Acusticus noch andere als Gehörnerven verlaufen und in den Bogengängen endigen; er meinte, dass die Nerven der Bogengänge Fortsetzungen der Crura cerebelli seien. Die anatomischen Untersuchungen konnten dies jedoch nicht bestätigen und wiesen nur nach, dass der Hörnerv sich in zwei besondere Zweige teilt, von denen der eine im Labyrinth, der andere in der Schnecke sich verästelt.

Brown-Séquard [6]) beobachtete nun, dass auch Reizung des Stammes des Acusticus oder der Endausbreitungen desselben im Labyrinthe durch Berührung oder Nadelstiche von ähnlichen Erscheinungen gefolgt wird, wie die nach der Zerstörung der Canäle ähnlichen. Er nahm deshalb an, dass im Acusticus noch sensibele Fasern verliefen.

Schiff [7]) zeigte jedoch, dass derselbe bei Tieren durchschnitten werden kann, ohne dass Schmerz sich bemerkbar macht, wie schon früher *Magendie* und *Valentin* angegeben hatten.

Schmerzempfindungen konnten also auch nicht als die Ursache der *Flourens*'schen Erscheinungen ange-

sprochen werden, und so schloss denn *Schiff* die ganze Frage mit der kurzen Bemerkung ab: „Die Hypothese, nach welcher der N. acusticus in zwei Zweige zerfallen soll, von denen einer für das Gehör diene, während der andere an der Hervorbringung der von *Flourens* nach Durchschneidung der semicirculären Canäle beschriebenen, eigentümlichen Bewegungen des Kopfes teilnehmen soll, entbehrt jeder Grundlage.“ Die *Flourens*'schen Erscheinungen blieben somit vor wie nach ein Rätsel.

Da veröffentlichte *Goltz* 1870 eine Abhandlung [8]), die einen mächtigen Anstoss zur Wiederaufnahme und Weiterentwickelung der Frage gab und zugleich einen Weg zum Verständnis jener Phänomene anbahnte. *Goltz* wiederholte die *Flourens*'schen Versuche an Tauben und urgirte die Ähnlichkeit des Benehmens solcher verstümmelter Tiere mit dem Gebahren von Menschen, die intensive Schwindelanfälle haben. Er führte aus, dass die Tauben wie schwindelnde Menschen sich beruhigen, wenn man ihnen einige Zeit hindurch, wenn auch nur mässige Stütze und Ruhe sichert; dass, während es den Tieren nur mühsam oder gar nicht möglich ist, ausserhalb ihres Körpers gelegene Gegenstände, z. B. Erbsen aufzulesen, weil sie immer mit dem Schnabel fehlschlagen oder den Kopf gar nicht in die richtige Stellung bringen können, sie ganz leicht den Schnabel zu allen Stellen des Körpers führen und sich den Kopf mit den Krallen kratzen, annähernd ebenso sicher wie ein unverletztes Tier. Dass Schallempfindungen, hervorgebracht durch Reizung der Hörnerven, diese Erscheinungen verursachen, ist undenkbar; denn auch nach Verheilung der Verletzung, wo doch von Reizung keine Rede mehr sein kann, dauern sie fort. Das Wesentlichste dabei ist Verlust des Gleichgewichts. Und doch ist sicher durch

die Verletzung der Bogengänge kein centrales Organ für die Erhaltung desselben geschädigt und der ganze motorische Apparat ebenfalls unversehrt. *Goltz* kommt deshalb zu dem Schlusse, dass die häutigen Bogengänge eine Vorrichtung bilden, welche der Erhaltung des Gleichgewichts dient. Sie sind sozusagen Sinnesorgane für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des ganzen Körpers.

Eine ausführliche Bearbeitung und Weiterführung erfuhr diese Theorie insbesondere durch zwei Forscher, *Mach* [9]) und *Breuer* [10]), welche zu gleicher Zeit und unabhängig von einander ihre Versuche und die Ergebnisse derselben, welche neue Stützen für jene brachten, veröffentlichten. Sie nahmen ihren Ausgangspunkt nicht von dem *Flourens*'schen Experimente, sondern suchten zunächst über die von *Goltz* zum Vergleiche herbeigezogenen Schwindelphänomene Aufschluss zu erhalten.

Das eigentliche, reine und uncomplicirte Phänomen des Schwindels ist das Gefühl, man werde in einer bestimmten Richtung gedreht, wie es ja auch bekanntermassen am häufigsten durch längere Zeit andauernde active oder passive Rotation um die verticale Körperaxe hervorgerufen wird. Und zwar entsteht während der Rotation das Gefühl einer Drehung im Sinne der wirklichen Drehung, nach der Rotation geht die Scheinbewegung in der entgegengesetzten Richtung vor sich. Es ist klar, dass dies Phänomen nur zustande kommen kann durch die Erregung eines Centralorgans, welches die Vorstellung von Drehungen vermittelt. Da wir nun unter normalen Verhältnissen gewohnt sind, Stellungsänderungen unseres Körpers und seiner Teile nach Empfindungen, die uns von den sensibelen Organen in Haut, Muskeln und Gelenken zugehen, und Gesichtswahrnehm-

ungen zu beurteilen, so entsteht die Frage, ob auch diese Drehbewegungen auf diesem Wege hervorgerufen werden oder ob dafür die Annahme eines neuen sensibelen Endapparates notwendig ist. Die Beteiligung des Gesichtssinnes in diesem Falle lässt sich ohne Weiteres ausschliessen, da Schliessen der Augen während des Versuchs das Entstehen der Scheindrehung nicht verhindert, sondern eher noch befördert. Was nun die erstere Art der Empfindungsvermittlungen betrifft, so stösst dieselbe hier gleichfalls auf grosse Schwierigkeiten. Bereits *Purkinje* [11]) hatte nämlich durch zahlreiche Rotationsversuche die Abhängigkeit der dadurch ausgelösten Scheindrehung von der Kopfstellung während der Rotation festgestellt und das Gesetz formulirt: „dass der Durchschnitt des Kopfes (als einer Kugel), um dessen Axe die erste Bewegung geschah, die Schwindelbewegung bei jeder nachmaligen Lage des Kopfes unveränderlich bestimmt.“ *Mach* modificirte diese Versuche auf die mannigfachste Weise und konnte dies Gesetz vollkommen bestätigen. Die Anordnung von Muskeln und Haut des Kopfes bietet kaum eine Möglichkeit, dass durch die Kraft der Drehung eine Reizung ihrer sensibelen Apparate erfolge, und das Gelenk tritt zumal bei passiven Rotationen nicht in Thätigkeit während der Rotation. Es liegt daher der Gedanke nahe, dass es sich um die Wirkung der Drehung auf ein im Innern des Kopfes gelegenes Organ handeln mus. *Purkinje* glaubte nun, dass das Gehirn als weiche Masse Verschiebungen seiner Teile gegen einander und somit Zerrungen erfahre, welche wie wirkliche mechanische Läsionen wirken. Diese Annahme aber, sagt *Mach,* sei „a priori so unwahrscheinlich, dass sie ohne sehr stichhaltige Beweise nicht angenommen werden kann. Mit

gleichem Rechte könnte man erwarten, das auf die Hirnoberfläche mit einer Linse entworfene Bild werde deutlich gesehen.“ In den häutigen Bogengängen des Ohrlabyrinthes dagegen ist ein Organ gegeben, das durch die Anordnung seiner Lage und seines anatomischen Baues alle Bedingungen zu erfüllen imstande ist, welche an ein peripheres Endorgan für die Perception von Drehbewegungen gestellt werden können.

Der nächste Weg, die Richtigkeit dieser Hypothese zu beweisen, war das Tierexperiment. Es erhob sich nun die Frage, wie Aufschluss zu erhalten sei über Bewegungsempfindungen von Tieren. Zur Beantwortung derselben sagt *Breuer*: „Die Erfahrung am Menschen lehrt uns, dass wir uns passives Bewegtwerden unseres Körpers, besonders wenn dadurch unsere Stellung bedroht wird und wir umgestürzt werden könnten, nicht ruhig gefallen lassen, dass jedem Ausgleiten sehr energische, compensirende und das Gleichgewicht herstellende Bewegungen reflectorisch folgen.“ Da diese compensirenden Bewegungen den Zweck haben, das Gleichgewicht herzustellen, so müssen sie der Richtung der das Gleichgewicht bedrohenden Bewegung entgegengesetzt erfolgen und also für jede derselben characteristisch sein. Nun werden sie aber nicht nur durch wirkliche Lageänderungen unseres Körpers hervorgerufen, sondern auch durch solche nur in der Vorstellung bestehende, wie sie z. Bsp. wie wir vorhin gesehen haben, durch heftige Rotation um die verticale Körperaxe hervorgerufen werden können. In diesem Falle können wir demnach aus ihrem Vorhandensein und ihrer Bewegungsebene einen Rückschluss machen auf die Bewegungsempfindung, welche jene auslöst. Wir haben in ihnen auf subjective Empfindungen von Bewegungen ein sicht-

bares Reagens, das einer streng objectiven Untersuchung zugänglich ist.

Die compensirenden Bewegungen nun, die durch Rotation ausgelöst werden, erfolgen sowohl von seiten des Körpers und der Extremitäten als auch besonders von seiten der Augen. Auf die ersteren kann ich hier nicht eingehen; sie erfolgen erst bei sehr intensiven Drehungen und treten unter dem Bilde von Roll-, Zeiger-, Reitbahn- u. s. w. Bewegungen auf. Die letzteren dagegen erfordern dem Zwecke dieser Arbeit gemäss eine längere Auseinandersetzung.

Wie bereits *Purkinge* bei seinen oben erwähnten Versuchen beobachtet hatte, geraten bei der activen oder passiven Drehung eines Menschen um seine verticale Axe die Augen desselben während und nach der Drehung in nystactische Schwingungen. Bezeichnen wir den Sinn dieses Nystagmus nun nach der langsamen Phase dieser Oscillationen, so besteht während der Drehung ein dem Sinn der Drehung entgegengesetzter Nystagmus, nach der Drehung ein dem Sinn der Drehung gleichgerichteter Nystagmus. Ich habe bei den im Eingange meiner Arbeit angeführten Versuchen nur den nach der Drehung eintretenden Nystagmus zur Beobachtung gebracht und erwähnt, dass die Ebene desselben von der während der Drehung eingehaltenen Kopfstellung abhängig war. Dass der Character dieses Nystagmus in der That ein compensatorischer ist, geht aus der folgenden Betrachtung *Breuer's* hervor:

„Wenn ich mit geschlossenen Augen, die Lider mit dem Finger berührend, den Kopf, (mit oder ohne ganzen Körper) in horizontaler oder sagittaler Ebene drehe, so fühle ich, nachdem ich eine gewisse Winkeldrehung vollzogen, eine plötzliche Drehung des Bulbus

in derselben Richtung. Drehe ich den Kopf mit offenen Augen, so bleiben diese, auch ohne dass ich absichtlich einen Gegenstand fixire, in ihrer Richtung stehen, um erst nach einiger Zeit mit jenem plötzlichen Ruck der veränderten Kopfstellung nachzufolgen. Dass es sich hierbei nicht um ein willkürliches Fixiren handelt, erhellt daraus, dass der Vorgang bei geschlossenen Augen derselbe ist. Dasselbe kann man auch an Blinden sehen.

„Dieses Zurückbleiben der Bulbi in ihrer Stellung ist eine Drehung der Augen in der Orbita, und es fragt sich, ob sie activ erzeugt sei durch Muskelaction als compensirende Bewegung, oder ob sie ein Ausdruck des Beharrungsvermögens sei. Letztere Vorstellung ist nun an sich höchst unwahrscheinlich und fast unmöglich. Es lässt sich aber auch positiv leicht zeigen, dass das erstere der Fall ist. Durch jenes rasche, energische Nachdrehen der Bulbi in der Richtung der Kopfdrehung erhalten dieselben eine Drehgeschwindigkeit, die jene des Kopfes übertrifft, und es wäre nun weiter kein Grund vorhanden, weshalb sie sich von da an nicht ruhig in ihrer relativen Stellung beharrend, weiter mitdrehen sollten. Dem ist aber nicht so. Drehe ich mich weiter, so wiederholt sich jenes Zurückbleiben und Nachdrehen der Augen fortwährend, so dass ich bei einer Umdrehung meines Körpers mit dem auf die Lider gelegten Finger etwa 10 Rucke des Bulbus fühle. Nach einigen Umdrehungen hört es dann auf, so dass die Bulbi ruhig stehen.

„Es handelt sich also um eine active Bewegung des Auges, welche in gewissen Grenzen die Kopfdrehung für die Stellung des Bulbus compensirt, und dann darauf ein rasches, zuckendes Wiedereinstellen des Auges.“

„Auch das erscheint mir ein Beweis dafür, dass die compensirende Bewegung eine active ist, dass bei sehr

rascher Kopfdrehung die Objecte sich zu bewegen scheinen; bei rascher Bewegung kann sich nun zwar die compensirende Muskelaction nicht entwickeln, jenes zurückhaltende Drehungsmoment aber müsste dabei gerade am stärksten sein; es müssten die Bulbi also dabei ruhig bleiben, aber eben da drehen sie sich mit dem Kopfe."

„Dies gilt von horizontalen und sagittalen Drehungen. Für frontale ist ein analoges Verhalten von *Hueck* („Axendrehungen des Auges" 1838) behauptet. In neuester Zeit haben *Javal, Skrebitzky* (Archiv für Ophtalmologie 17. Bd.) und Nagel (ebenda) gezeigt, dass bei frontaler Drehung des Kopfes, gleichgültig, ob diese activ oder passiv und in welchem Gelenke immer geschehe, eine compensirende Raddrehung der Bulbi in entgegengesetztem Sinne auftritt, im Ausmase von $^1/_6$—$^1/_{10}$ des Winkels der Kopfdrehung."

Als Ergänzung zu den Angaben *Breuer's* mögen noch folgende einer Abhandlung von *v. Graefe*[36]) entnommenen Erwähnung finden.

John Hunter[37]) hat zuerst die Meinung geäussert, dass der Bulbus sich radförmig um die Sehaxe drehe, wenn wir den Kopf nach einer Schulter neigen. *Joh. Müller*[38]) suchte sich hiervon zu versichern, indem er verschiedene Punkte im Weissen des Auges mit Tinte bezeichnete; er konnte sich hierbei von einer Neigung der Meridianlinie nicht überzeugen. *Hueck* suchte zu beweisen, dass bei der Neigung des Kopfes nach der Schulter das Auge eine entgegengesetzte Rollung um die Sehaxe eingehe, so dass, wenn die Kopfneigung nicht über 25° beträgt, der verticale Meridian vertical bleibt; wenn dagegen die Kopfneigung mehr beträgt, so sollte das Auge seine ursprüngliche Stellung im Verhältnis zur Orbita durch eine der früheren gerade entgegengesetzte Drehung, welche unter zuckenden Stössen erfolgt, wieder annehmen. Er glaubte sich hiervon zu überzeugen, indem er sich die Lage einzelner Coniunctivalgefässe genauer einprägte. Hierauf basirte *Hueck* nicht allein das Ausbleiben von Scheinbewegungen bei der seitlichen Kopfneigung, sondern auch das Einfachsehen und die natürliche

Orientirung in Betreff der Neigung der Gesichtsobjekte. Dieselbe Ansicht wurde einige Jahre später von *Burow*[32]) unabhängig von *Huecks* Angaben verteidigt. *Ritterich*[40]) hinwiderum fand, indem er eine durch Pigmentpunkte markirte Iris recht genau abzeichnete und nach der Drehung des Kopfes um 90° die Configuration der Iris mit der früher entworfenen Zeichnung verglich, dass keine *Hueck*'sche Rollung des Auges stattgefunden hatte. Auch *Donders*[40]) stellte dieselbe in Abrede. Er sah einen verticalen, gefärbten Faden so lange an, bis er ein Nachbild desselben auf seiner Netzhaut gewonnen; notwendig musste sich dieses Nachbild im verticalen Meridian seines Auges befinden. Neigte er nun den Kopf genau gegen seine von vorn nach hinten gehende Axe und mass nun den Winkel, welchen das auf seiner Netzhaut befindliche Nachbild mit einer im Raume verticalen Linie machte, so beobachtete er, dass sich der verticale Meridian genau um eben so viel von seiner primitiven Lage im Raume ablenkte, als sich die verticale Axe des Kopfes neigte. *Donders* war zu diesem Resultat übrigens auch durch objective Versuche gelangt; indem er nämlich den Kopf so nach der Schulter neigte, dass die Sehaxe immer senkrecht auf der Angesichtsfläche blieb, konnte er, wenn er seine Augen im Spiegel sah, an den Coniunctivalgefässen nicht die geringste Drehung wahrnehmen; dahingegen stellte sich sofort eine scheinbare Drehung um die Sehaxe ein, so wie der Kopf etwas nach vorn oder hinten gebogen wurde und dadurch die Sehaxe von ihrer senkrechten Lage auf der Angesichtsfläche abwich. *v. Graefe* bestätigt diese Beobachtung von *Donders*. Für Tiere mit seitlich gerichteten Augen aber giebt er auch die *Hueck*'sche Raddrehung zu. Er nahm ein Kaninchen und drehte dessen Kopf um seine Queraxe, einmal nach vorn und dann nach hinten, und gewahrte dann sehr exkursive Rollbewegungen. Um dieselben näher zu bestimmen, schlug er folgendes Verfahren ein: Eine starke gerade Nadel wurde der von vorn nach hinten gehenden Kopfaxe parallel in den Schädelknochen eingeschlagen, dann eine feinere Nadel mit der ersten parallel durch die Hornhaut und vordere Kammer des Tieres geführt, dieses auf eine Seite gelegt, und in allen Teilen auf ein Brett fixirt, welches von einem Gehülfen allmählich herumgedreht werden konnte. Ferner wurde ein Apparat angebracht, durch welchen für jede beliebige Stellung des Tieres die Winkel beider Nadeln auf einem künstlichen Horizont abgelesen werden konnten. Dem Tier wurde zuerst eine Stellung

erteilt, wobei die Nase ziemlich senkrecht nach oben gerichtet war, hierauf die beiden erwähnten Parallelnadeln in der Richtung der Längsaxe des Kopfes eingeführt. Würde der Kopf nun stärker als 40° geneigt, so blieb die Hornhautnadel entschieden zurück gegen die Kopfnadel. Eine vollständige Compensation der Kopfdrehung durch Meridianverrückung in der Weise, dass die Hornhautnadel während gewisser Drehungen vollkommen stabil geblieben wäre, trat aber nicht ein, sondern es neigte sich dieselbe für je 10° Veränderung der Kopfnadel um 2°, wodurch also der Winkel zwischen beiden Nadeln für jede solche Drehung um 8° wuchs.

„Man kann an seit längerer Zeit Erblindeten beobachten, dass bei Neigung des Kopfes nach vorn der Blick sich hebt, bei Zurückbiegen sich senkt und so verharrt."

Die Darstellung *Breuer's* ist so erschöpfend, dass ich wohl zur Erklärung des Nystagmus nach der Drehung nichts mehr hinzuzufügen habe.

Ueber die Art und Weise, wie die Vermittelung der Empfindungen der Kopfdrehungen zustande kommt, spricht sich *Breuer* folgendermassen aus: „Bei Beginn jeder Drehung des Kopfes wie auch beim Stillstehen desselben nach erfolgter Umdrehung erzeugt das Trägheitsmoment der Endolymphe eine relative Bewegung derselben längs der Canalwände der Bogengänge. Diese Bewegung muss notwendig eine Verbiegung der mit der Bogengangwand fest verbundenen Härchen der nervösen Endapparate in den Ampullen bewirken, wodurch die drei, nach den drei Dimensionen des Raumes orientirten Bogengänge Empfindungen vermitteln müssen, welche nach Stärke und Verteilung auf die drei Nervenendigungen für die Drehung um jedwede Axe characteristisch sind."

„Wir müssen wohl annehmen, dass der erregende Vorgang im Nervenendapparate, hier im Hörhaare, darin besteht, dass dies gebogen und dadurch Druck- und

Spannungsverhältnisse in ihm geändert werden. Solange diese Abänderung dauert, dauert auch wohl der Erregungsvorgang in der zugehörigen Nervenfaser.

„Bei den gewöhnlichen kurzen Drehbewegnngen folgt dem Stosse der Endolymphe in der einen Richtung beim Bewegungsanfange alsbald der Gegenstoss in der entgegengesetzten Richtung beim Bewegungsschlusse. Die noch verbogenen Haare würden durch diesen Gegenstoss, der ja nie stärker sein kann als der Anfangsstoss, in die normale Stellung zurückgeführt werden. Erfolgt dieser Gegenstoss nicht, d. h. dauert die Bewegung des Kopfes gleichmässig fort, so gewinnen die Haare erst durch ihre eigene Elasticität ihre ursprüngliche Gestalt; bis diese hergestellt wird, haben wir entsprechend und proportional der Verbiegung derselben, also in abnehmender Intensität, die Vorstellung einer Bewegung."

Mach's Anschauung ist eine ähnliche; nur weist er die Strömungen der Endolymphe zurück. In gleicher Weise wie diese beiden Forscher hat sich fast zur selben Zeit auch *Crum-Brown*[12]) ausgesprochen.

Vorausgesetzt nun, dass diese Theorie der Wirklichkeit entsprach, musste das Tierexperiment Folgendes ergeben: Reizung der Nerven der Bogengänge durch Verletzungen u. s. w. musste das Auftreten von compensirenden Bewegungen, deren Character den durch die Nervenendigungen des verletzten Canals vermittelten Bewegungsempfindungen entsprach, zur Folge haben. Und dies ward eben durch die *Flourens*'schen Versuche bestätigt. Bezüglich des Nystagmus ist hier zu bemerken, dass bei Tieren mit seitlich gerichteten Augen statt der verticalen Bulbusschwingungen Raddrehungen eintreten und umgekehrt, sowie, dass Vögel gewöhnlich

die Bewegungen der Augen durch die des Kopfes ersetzen. Auf der andern Seite musste eine Zerstörung des Bogengangapparates oder eine Trennung desselben vom Centralorgan infolge von Acusticusdurchschneidung einen Ausfall der compensirenden Bewegungen sowie der zugehörigen Bewegungsvorstellungen bei activen oder passiven Bewegungen bewirken.

Auch hierüber sind an Wirbeltieren aller Klassen zahlreiche Beobachtungen angestellt worden, so von *Sewall*[13]), *Steiner*[14]), *Breuer*[10]), *Tomascewicz*[15]), *v. Cyon*[16]), *Schrader*[17]) und *Baginsky*[18]). Aber dieselben stehen in einem solchen Gegensatze, dass sie keine Entscheidung gestatten. Ausschlaggebend zu Gunsten der *Mach-Breuer*'schen Theorie treten aber hier diesbezügliche Versuche an Taubstummen ein, die zuerst von *James*[19]) angestellt wurden.

James untersuchte 519 Taubstumme u. a. daraufhin, ob sie durch Rotation schwindelig gemacht werden könnten. Während unter den gleichen Verhältnissen der Versuche von 200 Gesunden nur 1 schwindelfrei sich zeigte, konnten von den 519 Taubstummen 186 nicht schwindelig gemacht werden. Immerhin gestatten diese Versuche den Einwand, dass *James* gänzlich von den Angaben der Individuen abhängig war. *Kreidl*[4]) glaubte diesen Missstand dadurch zu umgehen, dass er die compensirenden Augenbewegungen während und nach der Rotation zur Beobachtung brachte. Er fand, dass von 109 rotirten Taubstummen 55 keinen Nystagmus zeigten. Vergleicht man nun damit Sectionsbefunde an Taubstummen, so ergiebt sich eine bemerkenswerte Uebereinstimmung. *Myding*[20]) führt aus, dass in nicht weniger als 80 Fällen von 118, also in circa $^2/_3$ sämtlicher Fälle, mehr oder weniger ausgesprochene patho-

logische Veränderungen des Labyrinths gefunden wurden. „Was die verschiedenen Abschnitte des Labyrinths angeht, so waren Vestibulum und Cochlea ungefähr gleich häufig Sitz der Abnormitäten, nämlich in circa 40 % der beobachteten Fälle; andererseits waren die Bogengänge pathologisch verändert in nicht weniger als circa 56 % der beobachteten Fälle.“ *Kreidl* kommt deshalb zu folgendem Resultate: „Erstens ist damit am Menschen der Beweis geliefert, dass die Augenbewegungen, die wir compensatorisch bei Drehung des Kopfes ausführen, thatsächlich reflectorisch durch die Bogengänge ausgelöst werden und dass zweitens die Bogengänge wirklich das Perceptionsorgan der Drehungen des Kopfes und mittelbar des Körpers sind.“ Auch unsere Ergebnisse stimmen mit denen *Kreidl*'s vollkommen überein; wie erwähnt, reagirten gleichfalls annähernd 50 % der Taubstummen nicht auf Rotation mit nystactischen Augenbewegungen. Der ersten Folgerung *Kreidl*'s kann ich mich daher bedingungslos anschliessen; was die letztere betrifft, so werde ich später darauf zu sprechen kommen.

Vorerst halte ich es für zweckentsprechend, auch die Einwände, welche sich gegen die Annahme einer derartigen Function der Bogengänge erhoben, anzuführen und auf ihre Stichhaltigkeit zu prüfen. Ein Teil der Gegner hielt sich nur an die *Flourens*'schen Versuche, ohne auf die Rotationsversuche Rücksicht zu nehmen, und stellte auf das heftigste einen directen Zusammenhang der Erscheinungen mit der Verletzung der Bogengänge in Abrede und in der That ergeben sich für einen unbefangenen Beobachter noch zwei andere Möglichkeiten, welche *Goltz* allerdings von vornherein ausgeschlossen hatte. Einmal könnte durch den operativen

Eingriff das nahegelegene Centralorgan in Mitleidenschaft gezogen sein; dann aber könnten auch abnorme Gehörsempfindungen infolge von Reizung der Acusticusfasern als die Ursache der Erscheinungen angesprochen werden.

So führte *Böttcher*[21]) eine Gruppe der nach den *Flourens*'schen Versuchen auftretenden Erscheinungen auf eine zu brüsk ausgeführte Operation zurück; sie liessen sich mit einer gewissen Vorsicht vermeiden. Als die Ursache von andern, die sich im Laufe der nächsten Tage einstellten, konnte er bei der Section der betreffenden Tiere Extravasate auf dem Kleinhirn oder der Medulla oblongata oder entzündliche Processe, die bis zu den Hirnhäuten vorgedrungen waren, nachweisen. Nur für die Reitbahnbewegungen der Tiere sowie für die Pendelbewegungen des Kopfes liessen sich keine nachweisbaren pathologischen Veränderungen des Centralorgans verantwortlich machen. *Boettcher* sieht nun deren Ursache darin, dass bei der Durchschneidung eines häutigen Bogengangs, da er in der Perilymphe nur lose suspendirt sei, eine Zerrung der zugehörigen Acusticusfasern stattfinden müsse. Diese setzt sich ohne Weiteres bis ins Hirn fort und bedinge dort, je nach dem Zweige, der insultirt wurde, gewisse Veränderungen der Ganglienzellen, welche weiterhin bestimmte Bewegungsstörungen hervorrufen. Die Art und Weise, wie eine solche Veränderung im Nerven vor sich gehen könnte, vermag *Boettcher* sich auch nicht zu erklären. Man könnte vielleicht an eine acute aufsteigende Neuritis denken; aber die Schnelligkeit des Vorgangs erregt doch grosse Bedenken. Auch haben *Obersteiner* und *S. Erner* gelegentlich einer im *Brücke*'schen Laboratorium vorgenommenen Untersuchung jede Veränderung

des Kleinhirns, besonders die von *Stefani* (Arch. p. l. scienze med. Vol. IV No. 8) angegebene Atrophie der *Purkinge*'schen Zellen vermisst, wie *Spamer* angiebt[22]) und auf Grund eigener Beobachtungen bestätigt.

Auch *Baginsky*[18]), dem mit einiger Reserve auch *Lucae*[23]) zustimmt, führt die viel besprochenen Erscheinungen auf eine gleichzeitige Affection des Centralorgans zurück. Doch sind sie nach seiner Ansicht hervorgerufen „einzig und allein" durch Aenderung der hydrostatischen und hydrodynamischen Verhältnisse innerhalb der Schädelhöhle, durch eine Veränderung der Circulation, welche in letzter Instanz einen Reiz auf die Gehirnsubstanz, wahrscheinlich besonders an der Basis setzt. Wenn schon die absolute Abhängigkeit der Richtungsebene der Bewegungen von der Verletzung jedes einzelnen Canals unerklärlich bleibt durch diese Theorie, so spricht vollends dagegen die Beobachtung an labyrinthlosen Tieren und Taubstummen, welche auf Rotation keine Schwindelsymptome zeigen.

Anna Tomascewicz[15]) beschäftigte sich sowohl mit den *Flourens*'schen Versuchen als auch mit den Phänomenen des *Purkinje*'schen Drehschwindels. Hinsichtlich der bei den ersteren eintretenden Erscheinungen stellt sie ganz entschieden in Abrede, dass ihr Charakter ein compensatorischer sei. Es sind vielmehr zum grössten Teil Abwehrbewegungen der Tiere auf abnorme Gehörsempfindungen, welche durch Verletzung der Acusticusfasern hervorgerufen werden. Demgegenüber steht aber die Thatsache, dass die Bewegungsstörungen auch noch andauern, wenn die gesetzten Wunden längst verheilt sind und also keine Reizungen des Nerven mehr stattfinden können. Soweit nun weiterhin jene Erscheinungen Aehnlichkeiten mit Schwindelanfällen haben, sind

sie nach *Tomascewicz* erst mittelbar aus den Folgen jener Abwehrbewegungen oder aus einer Mitleidenschaft des Centralorgans infolge des Eingriffs herzuleiten. Denn Schwindelanfälle können bei Tieren ähnlich wie beim Menschen Begleiter von Reizzuständen des Gehirns oder der Meningen sein, können durch Kopfbewegungen, heftiges und anhaltendes Pendeln und Zwangsbewegungen nach der einen Seite, ganz abgesehen von der Ursache derselben erzeugt werden, endlich auch Folge von den durch Reizung der Ampullennerven hervorgerufenen Gehörsempfindungen, auch ohne dass sie Drehbewegungen sind. Diese werden überhaupt durch die sensibelen Apparate des Körpers, dessen nachgiebige Teilchen gegen die festen bei der Rotation relative Verlagerungen, Zerrungen und Pressungen erfahren und dadurch einen Reiz auf die sensibelen Apparate ausüben, vermittelt. Der Drehschwindel beruhe auf einer Contrasterscheinung, d. h. einer negativen Nachempfindung, welche die primäre zur Ruhe ergänzt und die uns mit der gleichen Macht aufgedrängt wird, wie z. B. ein negatives Nachbild nach einem farbigen Lichteindrucke. Auf die Einzelheiten aller dieser Behauptungen einzugehen, kann nicht im Bereiche dieser Arbeit liegen. Das Verhalten der Taubstummen auf der Rotationsmaschine beweist überdies klar genug, dass die Empfindungen von Drehbewegungen unabhängig sind von den sensibelen Apparaten des Gesamtkörpers. Nur über *Tomascewicz*' Erklärung des Drehschwindels möchte ich noch Einiges bemerken. Auch ich möchte das subjective Phänomen desselben, die Scheindrehung, den sog. Nachempfindungen an die Seite stellen. *Tomascewicz* scheint jedoch der Meinung zu sein, dass dieselben durch lang vorhaltende Erregung der Ganglienzellen des Ge-

hirns entstehen. Es ist aber bekannt, dass ihre Entstehung in Vorgängen in den peripheren Endorganen, welche durch intensive Erregung derselben bedingt sind, zu suchen ist. Und da wir nun nach all dem früher Erwähnten die Existenz eines im Innern des Kopfes gelegenen peripheren Endorgans für die Perception von Drehbewegungen annehmen müssen, so scheint mir gerade der conträre Character dieser Nachempfindung in Hinsicht auf die eigentümliche Anordnung und Erregung der Endapparate der Ampullennerven beweisend für die *Mach-Breuer*'sche Theorie zu sein.

Fast in gleicher Weise wie *Tomascewicz* sprach sich auch *Kiesselbach* aus, besonders bezüglich der abnormen Gehörsempfindungen.[24])

Endlich wären hier noch zwei Abhandlungen zu erwähnen, die von *Preyer*[25]) und *Schaefer*[26]), welche sich gegenseitig ergänzen. Während die vorgenannten Forscher die *Mach-Breuer*'sche Theorie durch den Nachweis von Irrtümern in ihren Voraussetzungen zu entkräften suchten, stellten *Preyer* und *Schaefer* ihr neue Theorien entgegen, deren Beweisführung ihnen einwandsfreier erscheint. *Preyer* nimmt auf Grund seiner Experimentaluntersuchungen die Ampullennerven wieder für acustische Leistungen in Anspruch. „Ihre specifische Energie ist es, ein mit Schall verbundenes Raumgefühl zu geben und zwar ein Richtungsgefühl. Die Art dieses Eindrucks ist verschieden je nach der Richtung, aus welcher der Schall herkommt, und wird durch diese bestimmt, indem die einzelnen Schallrichtungen, welche überhaupt erkannt werden können, immer einen Bogengang oder ein Bogengangspaar stärker als die andern treffen können." Die Schallleitung erfolgt durch die Luft des äusseren Gehörgangs und hauptsächlich durch

die Schädelknochen. *Schaefer* führt im Anschluss daran aus, dass die Wahrnehmung passiver Drehbewegungen durch den Muskelsinn vermittelt wird und dass die Kopfbewegungen, die wir als compensatorische kennen gelernt haben, sich durch das Trägheitsbestreben des frei beweglichen Kopfes, seine Stellung im Raume festzuhalten, erklären lassen. *Breuer* hat die Behauptungen *Preyers* eingehend widerlegt, gestützt auf physikalische Gesetze, welche es bezüglich der Luftleitung völlig unmöglich, bezüglich der Knochenleitung kaum denkbar erscheinen lassen, dass die Schallwellen in den Bogengängen noch in der Richtung anlangen, die sie in der äussern Luft hatten. Für die Ausführungen *Schaefer*'s trifft dasselbe zu, was für die ähnlichen von *Tomascewicz* gilt.

Da also nun keiner dieser gegnerischen Einwände die *Mach-Breuer*'sche Theorie entkräften kann, so dürfte heute wohl die Frage, ob die Bogengänge dem Gehörsinne dienen oder ob sie Drehbewegungen vermitteln, als abgeschlossen zu betrachten sein. Dahingegen ist die Discussion über die Art und Weise der Erregung der Ampullennerven und den psychischen Act der Wahrnehmung derselben noch nicht entschieden.

Auf die Einwände, welche sich gegen die *Breuer*sche Theorie der Erregung durch Strömungen der Endolymphe richten, will ich nur kurz eingehen, da ich nur Stellung nehmen will zu der Frage, ob die compensirenden Augenbewegungen von den Nerven der häutigen Bogengänge ausgelöst werden und in welchen Beziehungen sie zu den Vorstellungen von Bewegungen stehen. Diese Einwände gründen sich auf die Schwierigkeiten, welche die Lehrsätze der Mechanik den Bewegungen

der Endolymphe in dem engen Lumen der Bogengänge entgegensetzen.

von Cyon[16]) glaubte daher zu der Ansicht berechtigt zu sein, dass die Otolithen eine mechanische Reizung der nervösen Terminalapparate in den Bogengängen herbeiführen, da jede, sei es active, sei es passive Kopfbewegung, eine Erschütterung jener Gebilde bewirken müsse. *Breuer* wies jedoch nach, dass normaler Weise beim Menschen in den Ampullen und Canälen gar keine Otolithen vorkommen und kam auf Grund weiterer Versuche zu dem Ergebnis, dass die Nervenendigungen im Sacculus mit den Otolithen die Stellungen des Kopfes zur Verticalen und die Existenz geradliniger translatorischer Bewegungen percipiren. *Yves Delage*[27]) und *Aubert*[28]) stimmen ihm darin zu.

Bornhardt[29]) war der Meinung, dass die Nervenendigungen in den Ampullen durch die von der Endolymphe übertragenen Muskeltöne erregt werden; die Ansätze der grossen Halsmuskeln zeigten eine bemerkenswerte Uebereinstimmung in ihrer Richtung mit der der halbzirkelförmigen Canäle. Aber diese Theorie entbehrt jeder Begründung, da während der passiven Rotation eine Thätigkeit der Halsmuskeln gar nicht in Frage kommt.

Es erübrigen nun noch die von der *Mach-Breuer*schen abweichenden Theorien, welche sich über die Art und Weise der sinnlichen Wahrnehmung der Erregungsmomente auslassen. *Mach* und *Breuer* sehen in den Bogengängen ein Sinnesorgan. Nach ihrer Ansicht werden also die von demselben percipirten Eindrücke direct dem Bewusstsein übermittelt.

v. Cyon[16]) jedoch meint, dass eine Reizung der Ampullennerven durch mechanische Eingriffe oder auch

schon durch eine Drehung des Kopfes bestimmte Gehörseindrücke veranlasse, welche zu einer entsprechenden Orientirung im Raume führten, und somit compensirende Bewegungen im Gefolge habe. Diese Gehörsempfindungen seien aber unbewusste, aus denen wir erst bewusste Schlüsse ziehen. Es lässt sich nun schwer verstehen, warum man für deutlich als Bewegung empfundene Eindrücke den Namen eines im Unbewussten spielenden Vorgangs setzen soll. Denn wir pflegen doch die Functionen unserer Sinnesorgane nach den durch sie dem Bewusstsein übermittelten Wahrnehmungen zu bezeichnen. Wie weit sonst *Cyon's* Ansicht über dies Zwischenglied der unbewussten Gehörsempfindungen berechtigt ist, kann ich hier nicht entscheiden; vielleicht mag eine spätere Betrachtung in meiner Arbeit einige Klarheit schaffen.

Schon vor *Cyon* hatte *Vulpian*[30]) die Schwindelerscheinungen von heftigen Gehörnervenerregungen als solchen abgeleitet. Da er aber nichts Näheres über die Art der Empfindungen angiebt, so vermag auch seine Auffassung die Bewegungsrichtung zur Ebene des lädirten Canals nicht zu erklären.

Viel bedeutungsvoller für die *Mach-Breuer*'sche Theorie als diese sozusagen philosophischen Erklärungen der Function der Bogengänge aus den specifischen Leistungen des Gehörnerven als solchen sind folgende Momente:

Schon *Flourens* hatte beobachtet, dass Tauben, denen man nach Eröffnung der Schädeldecke das Grosshirn vom Kleinhirn durch einen tiefen Schnitt trennt, nach Verletzung der Bogengänge dieselben compensirenden Bewegungen ausführen wie Tauben mit intactem Grosshirn. Diese Angabe wurde von *Loewenberg*[31]) und

und *Berthold*[32]) bestätigt. Diese beiden Forscher fanden weiter, dass auch in der Chloroformnarcose die pendelnden Kopf- und Augenbewegungen auftreten, wenn die Narcose nicht so tief ist, dass alle Reflexe erloschen sind. Das Bewusstsein kann also keine Rolle spielen. Es scheint ihnen daher nicht möglich, die Bogengänge als ein Sinnesorgan zu betrachten. Denn zur Wahrnehmung und Bildung von Vorstellungen, wie sie ein Sinnesorgan vermitteln muss, ist nach der bisherigen Anschauung bei den höhern Tierklassen die Thätigkeit des Grosshirns erforderlich.

Auch *Hoegyes*[33]) wiess nach, dass nach Zerstörungen einzelner Partien des Centralnervensystems jene regelmässigen Schwindelerscheinungen (bilateraler Nystagmus, eigenartige Kopf- und Körperbewegungen), welche beim Kaninchen dadurch experimentell hervorgebracht werden können, dass dasselbe in den drei Hauptebenen des Raumes ein- oder mehreremale gedreht wird, in regelmässiger Weise nur dann auftreten, wenn die zwischen den Acusticus- und Oculomotorischen Kernen gelegenen Teile des Mittelhirns und der Medulla, die beiden Acustici und die zwei häutigen Labyrinthe vollkommen unversehrt bleiben, dass also diese centralen und centripetalen Nervenbahnen diejenigen sind, von denen die compensatorischen Augen- und Kopfbewegungen abhängen.

Wenn wir noch einmal kurz die bis jetzt gewonnenen Thatsachen gegenüberstellen, so ergiebt sich Folgendes: Durch die Versuche *Mach's*, *Breuer's*, *Yves Delage's* und *Aubert's* ist bewiesen, dass specifische Empfindungen für Drehbewegungen vorhanden sind und dass sie von den Bogengängen ausgelöst werden; für Letzteres sprechen die Versuche von *James*. Ebenso unzweifel-

haft ist es, dass die dieselben compensirenden Augenbewegungen von den Bogengängen ausgelöst werden. Ein ursächlicher Zusammenhang besteht also zwischen beiden. Auf der anderen Seite entstehen nun die sinnlichen Wahrnehmungen in den Grosshirnhemisphären, die compensirenden Augenbewegungen dagegen treten auch ohne die Mitbeteiligung des Grosshirns in die Erscheinung, wenn specifische Reize zu den von *Hoegyes* angegebenen Abschnitten des Mittelhirns und der Medulla oblongata gelangen. Wir werden somit zu dem Schlusse gedrängt, dass das Verhältnis der compensirenden Augenbewegungen zu den Vorstellungen von Bewegungen ein anderes sein muss, als wie von *Breuer* angenommen wurde. Ich möchte hier auch unsere Beobachtungen anführen, dass der grösste Teil der rotirten normalen Individuen angab, nicht schwindelig zu sein, d. h. kein Gefühl einer Scheinbewegung zu haben, obwohl bei ihnen ein ausgesprochener Nystagmus vorhanden war.

Berthold kehrt nun jenes Verhältnis der Augenbewegungen zu den Bewegungsvorstellungen um. Er sagt: „Die Bogengänge haben die Function, die Coordination der Bewegungen auf dem Wege des Reflexes zu vermitteln. Sie leisten diese Arbeit in Verbindung mit zwei Sinnesorganen, dem Gesichtssinn und dem Gefühlssinn.“ . . . „Bei jeder Bewegung des Kopfes findet ein Reiz auf die Nerven in den Ampullen statt. Dieser Reiz pflanzt sich auf das Centrum der Coordination fort und führt zu einer reflectorischen Bewegung, welche bei normalen Bogengängen stets mit der beabsichtigten Bewegung übereinstimmt. Sind die Bogengänge aber beschädigt, so werden die Nerven in den Ampullen von andern Reizen getroffen und führen daher

zu reflectorischen Bewegungen, welche sich mit den beabsichtigten nicht im Einklange befinden. Aus diesem Widerspruch entsteht der Schwindel.“ *Tomascewicz* bemerkt dazu: „Es müssten eigentümliche physiologische Verhältnisse bestehen, wenn jede Bewegung unter normalen Bedingungen doppelt ausgelöst werden sollte, durch Willensimpulse und reflectorisch durch Kopfbewegungen.“ Und in der That hat *Bertholdt's* Theorie wenig Befriedigendes, wenigstens in ihrer Fassung.

Die Ansicht von *Hoegyes* ist die: Ein jedes Labyrinth entsendet zu gewissen Muskeln eines jeden Auges Reflexreize, und zwar der linke Vestibularnerv für jene Muskeln, welche das linke Auge nach aufwärts und lateral wenden und medial rotiren, während sie das rechte Auge abwärts und medial wenden und lateral rotiren; der rechte Vestibularnerv aber für jene Muskeln, welche das rechte Auge nach aufwärts und nach lateral wenden und medial rotiren, das linke Auge aber abwärts und medial wenden und lateral rotiren. Die Frage nach dem Zustandekommen des Schwindels und der Drehungsempfindungen lässt *Hoegyes* offen, da die genügende experimentelle Basis noch fehle. Er sieht jedoch auch das Wesentliche der objectiv wahrnehmbaren Symptome des Schwindels in einer Coordinationsstörung der Muskelbewegungen.

Meiner Ansicht nach wird nun diese experimentelle Basis erst dann gegeben sein, wenn die functionellen Beziehungen des Grosshirns zu den andern Hirnteilen, besonders zum Mittelhirn, klarer gestellt sein werden. Wenn wir jedoch einen kurzen Blick auf den heutigen Stand der Lehre von denselben werfen, so wird immerhin bis zu einem gewissen Grade ein Verständnis möglich sein.

Wir wissen, dass die Hemisphären des Grosshirns der Sitz aller psychischen Thätigkeiten sind. Nur bei Intactheit derselben ist der Vorgang des Denkens, des Fühlens und des Wollens möglich. Nach Zerstörung derselben sinkt der Organismus auf den Wert einer complicirten Maschine zurück, deren ganze Thätigkeit nur noch als Ausdruck der auf dieselben einwirkenden innern und äussern Reize gelten kann. Werden bei Tieren die beiden Grosshirnhemisphären exstirpirt, so hört jede bewusste Empfindung und sinnliche Wahrnehmung vollkommen auf. Dahingegen ist die gesammte Mechanik, die Harmonie und das Gleichgewicht der Bewegungen verblieben. Die Beobachtungen an Nachtwandlern zeigen, dass auch beim Menschen die volle Harmonie aller Bewegungen ohne Beihülfe bewussten Willens oder bewusster Empfindung und Wahrnehmung statthaben kann. Dies Vermögen ist im Mittelhirn localisirt.

„Es ist sehr bemerkenswert", sagt *Fick*[34]), „dass in diese Gegend des Gehirns auch der Sehnerv eingepflanzt ist. Die von ihm gelieferten Empfindungen sind es ja gerade, nach denen sich die coordinirten Bewegungen der Extremitäten hauptsächlich richten, und es ist darum begreiflich, dass der Sehnerv mit den Coordinationscentren derselben am unmittelbarsten zusammenhängen muss. Andererseits gehen dann wieder von diesen Hirnteilen unmittelbar diejenigen motorischen Nerven (oculomotorius etc.) aus, deren Wirkung auf den Sehact den unmittelbarsten Bezug hat, wie die Bewegungen des Augapfels, der Iris und die Accommodation.

„In den Mechanismus der Gliedmassenbewegungen greifen zweitens aber auch die sensibelen Eindrücke

von der Haut ein. Diese werden dem Mittelhirn natürlich zugeleitet durch die Rückenmarksstränge, in welchen andererseits auch die motorischen Fasern liegen, durch welche die Impulse vom Mittelhirn zu den motorischen Fasern gehen.

„Endlich haben auch die durch den nervus acusticus geleiteten Eindrücke auf die Bewegungen der Gliedmassen Einfluss und es muss also auch dieser Nerv mit den Centren des Mittelhirns in Verbindung stehen. Die Anatomie hat zwar die Fasern dieses Nerven bis ins verlängerte Mark verfolgt, und es ist daher der Zusammenhang vielleicht nur ein mittelbarer.“ . . „Das Kleinhirn scheint wesentlich Hilfsapparat für das Mittelhirn zu sein, mit dem es durch seine Stiele ja auch im ausgiebigsten Zusammenhange steht.“

Prüfen wir nun ein Tier, das der Grosshirnhemisphären beraubt ist, daraufhin, wie weit seine Sinnesorgane noch functioniren, so sehen wir, dass es auf äussere Reize grosse planmässige Bewegungscomplexe ausführen kann. Es reagirt z. Bsp. noch auf Lichteindrücke in verschiedener Weise; sein Auge blinzelt bei Annäherung einer Flamme und die Pupillen verengen sich; ja die Eindrücke auf sein Auge können noch regelnd eingreifen in die Bewegungen seiner Glieder. Wie *Landois*[35]) angiebt, behauptete *Christiani*, dass des Grosshirns beraubte Kaninchen im Laufen noch Hindernissen ausweichen, weil sie solche noch mit den Augen wahrnehmen. Es würden in solchen Tieren also optische Eindrücke noch zweckmässig verwertet, und zwar so, dass die optischen Eindrücke auf das im Sehhügel belegene Hauptreflex- und Coordinationscentrum so einwirken, dass die Tiere zu zweckmässigen Reflexbewegungen gelangen. *Luciani*[35]) gelangte auf

Grund ähnlicher Beobachtungen zu der Ansicht, dass die Gesichtsbilder von der Retina nicht direct auf die Hirnrinde projicirt würden, dass sie vielmehr im Corpus quadrigeminum entstünden und in der Rinde nur psychisch verarbeitet würden. Eine derartige Hypothese liesse sich auch recht wohl für die Wahrnehmung der durch die Bogengänge vermittelten Bewegungen aufstellen, und der Name „unbewusste Empfindungen", wie ihn *Cyon* gebrauchte, dürfte den Vorgang, der sich auf die von den Acusticusfasern übertragenen Reize hin im Mittelhirn abspielt, am besten zur Anschauung bringen.

Jedenfalls kann demnach nicht ohne Weiteres, wie *Loewenberg* und *Berthold* es gethan haben, den Bogengängen der Character eines Sinnesorgans abgesprochen werden. Aber auch die Behauptung *Breuer*'s, dass die compensirenden Bewegungen b e w u s s t e n Vorstellungen entspringen, ist nicht aufrecht zu erhalten. Vielmehr sind jene den wohlgeordneten Reflexen zuzuzählen.

Dieser reflectorische Character erklärt auch die bei unsern Versuchen gemachten Beobachtungen. Wir können durch das Willensorgan sowohl im Bereiche des Rückenmarks als auch des Gehirnes Reflexe willkürlich hemmen, aber nur bis zu einem gewissen Punkte; bei starkem und oft wiederholtem Reizangriff siegt schliesslich die Reflexanregung über den Willen. Wenn also bei schwächlichen und nervösen Individuen der Nystagmus prompter und heftiger eintrat, so ist dieser Umstand auf die Unzulänglichkeit der Willensstärke zurückzuführen. Für kräftige, willensstarke Personen gilt das Gegenteil. Was die intelligenten und gebildeten Ständen angehörigen Personen betrifft, so wussten diese wohl, um was es sich handelte, und setzten daher von seiten ihres Willens dem Zustandekommen der Reflexe kein

Hindernis entgegen. Daher erklärt sich auch das günstige Resultat *Kreidl*'s im Vergleich zu den unsern; weil *Kreidl* zu seinen Controlversuchen an normalen Individuen nur Studirende der Medizin und Aerzte benützte. Für den geringen Grad des Nystagmus bei stupiden und teilnahmlosen Individuen möchte ich hingegen mangelnde Intensität der Drehung als Ursache ansprechen.

Wird nun aber unter diesen veränderten Verhältnissen die Beweisführung von *Goltz*, *Mach* und *Breuer* für ihre Theorie, die nicht zum geringsten Teile auf dem Rückschlusse von den compensatorischen Bewegungen auf die entsprechenden Bewegungsempfindungen beruht, hinfällig? Wenn weiterhin die *Berthold*'sche Theorie vom Zustandekommen des Schwindels zu Rechte bestände, dann würde auch das Fehlen der Drehempfindungen bei labyrinthlosen Taubstummen nicht mehr zum Beweise herangezogen werden können, da ja die von den Bogengängen ausgelösten Reflexbewegungen fehlen, deren Gegensatz zu den bewussten erst jenes Gefühl hervorruft. Dieser Punkt erfordert eine eingehendere Behandlung.

Breuer hat in seiner ersten hierher gehörigen Abhandlung den Satz ausgesprochen, dass die Fruchtbarkeit einer Hypothese ihrer Wahrscheinlichkeit entspricht. Darauf möchte ich mich jetzt berufen, wenn ich es versuche, die oben angedeutete Theorie zu verwerten, welche annimmt, dass die von den Ampullennerven dem Mittelhirn zugeleiteten Erregungen in den Ganglienzellen desselben einen Process hervorrufen, den ich als „unbewusste Empfindung" bezeichnen möchte und der einerseits zu einer reflectorischen Bewegung führt und andererseits durch Fortpflanzung bis in die Grosshirn-

rinde zu einer bewussten Vorstellung. Es ist bekannt, dass Reflexbewegungen fortwährend regulirend in unsere willkürlichen Bewegungen eingreifen und dass ein grosser Teil dieser selbst nichts anderes ist als wohlgeordnete Reflexbewegungen. Aber wir nennen sie doch willkürliche, weil wir sie jederzeit unterbrechen können oder bewusst fortsetzen. Wir bringen sie uns zum Bewusstsein, indem wir unsere Aufmerksamkeit darauf lenken, indem die psychische Function unseres Grosshirns in Thätigkeit tritt. Aus dem Bewusstsein entspringt der Wille. Halten wir die Reflexbewegung nun für zweckentsprechend, d. h. bringen wir ihre Wirkung in Beziehung zu dem äussern Anlass und finden, dass jene unser Verhältnis zu diesem regelt, so lassen wir sie zustande kommen und machen sie so zur bewussten; im gegenteiligen Falle unterdrücken wir sie. Sie wird nicht doppelt ausgelöst, wie die *Berthold*'sche Theorie will, vielmehr wird der Reiz, der zu den auslösenden Centren gelangt, auch bei der Aufmerksamkeit des Individuums der psychischen Thätigkeit der Grosshirnhemisphären unterliegen; indem durch sie zunächst eine bewusste Empfindung entsteht, wird diese dann, wenn sie auf die äussere Ursache bezogen wird, zur sinnlichen Wahrnehmung. Letzteres ist nun gewöhnlich nicht der Fall, weil wir aus Erfahrung wissen, dass diese Bewegungen ihrem Zwecke entsprechen. Tritt jedoch ein stärkerer, länger vorhaltender Reiz auf, so dass das Gleichgewicht unserer Empfindungen in irgend einer Weise mehr oder weniger gestört wird, so wird notwendiger Weise die Thätigkeit der Grosshirnhemisphären erregt werden müssen.

Wenn wir jetzt das Zustandekommen der Schwindelbewegung ins Auge fassen, so ist es folgendermassen

zu denken: Wenn durch die Rotation die Erregung der Ampullennerven so heftig wird, dass die dadurch im Mittelhirn hervorgerufene unbewusste Empfindung stärker wird als die durch die Nerven des Gesichts, der Haut, Muskeln und Gelenke vermittelten, so wird dadurch die Thätigkeit des Grosshirns erforderlich. Infolge dessen wird die unbewusste Empfindung der Drehbewegung zu einer bewussten werden. Dem Bewusstsein stehen immerhin noch die Eindrücke des Gesichts u. s. w. zur Verfügung, und es kann sie zum Vergleiche herbeiziehen. Dabei steht ihm die Erfahrung zur Seite, wie auch *Tomascewicz* berichtet, dass im Laufe der Zeit bei oft angestellten Rotationsversuchen eine Abhärtung gegen den Schwindel entsteht. Wird durch immer weiter andauernde Rotation die Empfindung des Drehens immer heftiger, so werden die andern ganz in den Hintergrund gedrängt, und jene wird allein das Bewusstsein beherrschen. Den Reflexbewegungen ist damit vollkommen freier Lauf gelassen.

Die Theorie *Breuer's* und *Mach's* bleibt also in ihrem Rechte, und ihre Versuche behalten ihre volle Gültigkeit; denn dieselben gingen mit Reizen einher, deren Mächtigkeit sicherlich die Mitbeteiligung des Grosshirns zur Folge haben musste.

Es bleibt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Professor *Dr. von Michel* für die gütige Uebernahme des Referates und für die bereitwillige Ueberlassung eines Teils des Versuchsmateriales meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Herrn Docenten *Dr. L. Bach* bin ich für die Anregung zur Arbeit sowie für die mannigfache Unterstützung bei der Durcharbeitung meines Themas ganz besonders verpflichtet.

Litteratur.

1. *Rich. Geigel,* „Ueber Friedreichs hereditäre Ataxie". Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg. 1892.
2. *L. Bach,* „Ueber künstlich erzeugten Nystagmus horizontalis, einhergehend mit conjugirter Deviation". Centralblatt für Nervenheilkunde und Psychiatrie. Novemberheft 1892.
3. *L. Bach,* „Ueber künstlich erzeugten Nystagmus bei normalen Individuen und bei Taubstummen". Beitrag zur Physiologie des Ohrlabyrinths. Archiv für Augenheilkunde. XXX. Bd. 1. Heft. December 1894.
4. *Kreidl,* „Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths auf Grund von Versuchen an Taubstummen". Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 51.
5. *Flourens,* „Expériences sur les canaux semicirculaires de l'oreille". Mem. de l'Acad. roy. des sciences de l'instit. de France. T. IX. 1828 und „Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertebrés". Paris 1824. 2. Aufl. 1842.
6. *Brown-Séquard,* „Cours of lectures on the physiology and pathology of the central nervous system". Philadelphia 1860.
7. *Schiff M.,* Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Lahr 1858—1859.
8. *Goltz,* „Ueber die physiologische Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinths". Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. 3. Band.
9. *Mach,* „Versuche über den Gleichgewichtssinn". 2. Mitteilung XLIX. Bd. der Wiener akadem. Sitzungsberichte.

„Grundlinien von der Lehre von den Bewegungsempfindungen". Leipzig 1875.

„Analyse der Empfindungen". Jena 1880.

10. *Breuer,* „Ueber die Funktion der Bogengänge des Ohr-Labyrinthes". Wiener medizin. Jahrbücher 1874.
„Zur Lehre vom statischen Sinn". Wiener medizin. Jahrbücher 1875.
„Neue Versuche an den Ohrbogengängen". Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 44.
„Ueber die Funktion der Otolithenapparate". Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 48.
11. *Purkinje's* Abhandlungen über den Schwindel. Medizinische Jahrbücher 1820 und Rust's Magazin 1827.
12. *Crum-Brown,* „On the sense of rotation". Journal of Anatomy and Physiology. Vol. VIII.
13. *Sewall,* „Experiments upon the Ears of Fishes withe reference to the Function of Equilibrium". Journal of Physiology IV.
14. *Steiner,* „Die Funktionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese". Braunschweig 1888.
15. *Tomascewicz,* „Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths". Inaugural-Dissertation. Zürich 1877.
16. *von Cyon,* „Ueber die Funktion der halbzirkelförmigen Kanäle". Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie. 8. Bd.
„Les rapports physiologiques entre le nerf acoustique et l'appareil moteur de l'ocil." Gaz. med. 1876.
„Gesammelte physiologische Arbeiten."
17. *Schrader,* „Zur Physiologie des Froschgehirns". Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. 41. Bd.
18. *Baginsky,* „Ueber die Schwindelerscheinungen nach Ohrverletzungen". Monatsberichte der Berliner Academie 1881.
„Ueber die Folgen von Drucksteigerung in der Paukenhöhle und die Funktion der Bogengänge." Archiv f. Anatomie und Physiologie. Physiolog. Abteilung 1881.
„Die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes." Biolog. Centralblatt 1881.
„Zur Physiologie der Bogengänge." 1885.
19. „Sense of diziness in deafmutes" by W. James. Harward Univ. Amer. Journ. of Otology. Oct. 1887.
20. *Myding,* „Uebersicht über die pathologisch-anatomischen Veränderungen der Gehörorgane Taubstummer". Archiv für Ohrenheilkunde. XXV. Bd.
21. *Boettcher,* „Ueber die Durchschneidung der Bogengänge des Ohrlabyrinths und die sich daran knüpfenden Hypothesen".

Archiv für Ohrenheilkunde. 9. Bd. Siehe auch: Dorpater med. Zeitschrift 1872; ref. Centralblatt 1873.

22. *Spamer,* „Exper. und krit. Beitrag zur Physiologie der halbkreisförmigen Kanäle". Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. 21. Bd.
23. *Lucae,* „Ueber optischen Schwindel bei Druckerhöhung im Ohr". Archiv für Ohrenheilkunde. 17. Bd.
„Ménièrische Krankheit." Real-Enecylopaedie der ges. Heilkunde. III. Bd.
24. *Kiesselbach,* „Zur Funktion der halbzirkelförmigen Kanäle". Archiv für Ohrenheilkunde. 18. Bd.
25. *Preyer,* „Die Wahrnehmung der Schallrichtung mittelst der Bogengänge". Zum Teil nach Versuchen von K. Schaefer. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. 40. Bd.
26. *Schaefer,* „Ueber die Wahrnehmung eigener passiver Bewegungen durch den Muskelsinn". Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. 41. Bd.
27. *Yves Delage,* „Sur une fonction nonvelle des otocystes". Arch. de Zoolog. experim. Tome V. 1887.
„Etudes expérimentales sur les illusions statiques et dynamiques de direction pour servir à déterminer les fonctions des canaux semicirculaires de l'oreille interne." Arch. de Zool. experim. 1886, übersetzt von
28. *Aubert* und dessen Abhandlung: „Studien über die Orientirung" zu Grunde gelegt.
29. *Bornhardt,* „Experimentelle Beiträge zur Physiologie der Bogengänge des Ohrlabyrinths". Pflügers Archiv d. ges. Physiologie. 12. Bd.
30. *Vulpian,* „Leçons sur la physiologie génerale et comparée du système nerveux". Paris 1866.
31. *Löwenberg,* „Ueber die nach Durchschneidung der Bogengänge auftretenden Bewegungsstörungen". Arch. f. Augen- und Ohrenheilkunde von Knapp und Moos. 3. Bd. I. Abt.
32. *Berthold,* „Ueber die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinths". Arch. f. Ohrenheilkunde. 9. Bd.
33. *Hoegyes,* „Nervenmechanismus der associirten Augenbewegungen". 2 Teile. Mitteilungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der ungarischen Academie der Wissenschaften. Budapest 1881, Bd. X und XI. (ungar.) Besprochen in Biologisches Centralblatt 1881, No. 7.

„Ueber die wahren Ursachen der Schwindelerscheinungen bei der Drucksteigerung in der Paukenhöhle.“ Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie. 26. Bd.

34. *Fick*, „Compendium der Physiologie des Menschen“. Vierte Auflage. Wien, 1891. Seite 129 ff.
35. *Landois*, „Lehrbuch der Physiologie des Menschen“. Achte Auflage. Wien und Leipzig, 1893. Seite 840.
36. *A. von Graefe*, „Beiträge zur Physiologie und Pathologie der schiefen Augenmuskeln“. Graefe's Archiv für Ophthalmologie. 1. Bd. Berlin 1854.
37. *Hunter*, „Bemerkungen über die tierische Oekonomie“, im Auszuge mit Bemerkungen versehen von K. F. A. Scheller. Braunschweig 1802. Seite 348—50.
38. *Müller*, „Zur vergleichenden Physiologie etc.“. Seite 254.
39. *Burow*, „Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges“. Berlin 1842.
40. *Ritterich*, „Das Schielen und seine Heilung“. Leipzig 1843.
41. *Donders*, „Holländische Beiträge“. I. Band, Heft 2 und 3.